	<p>KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN UNIVERSITAS BRAWIJAYA FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK ELEKTRO Jalan MT Haryono 167 Telp & Fax. 0341 554166 Malang 65145</p>	<p>KODE PJ-01</p>
---	---	------------------------------

**PENGESAHAN
PUBLIKASI HASIL PENELITIAN SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

NAMA : TRI WAHYU OKTAVIANA PUTRI
NIM : 105060300111036 - 63
PROGRAM STUDI : TEKNIK KONTROL
JUDUL SKRIPSI : PENGENDALIAN SUHU PADA SISTEM PASTEURISASI TELUR CAIR
BERBASIS PLC (*PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER*) SIEMENS
SIMATIC S7-200 DAN HMI (*HUMAN MACHINE INTERFACE*) SIMATIC HMI
PANEL

TELAH DI-REVIEW DAN DISETUJUI ISINYA OLEH:

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Rahmadwati, ST., MT., Ph.D
NIP. 19771102 200604 2 003

Ir. Bambang Siswoyo, M.T.
NIP. 19621211 198802 1 001

**PENGENDALIAN SUHU PADA SISTEM PASTEURISASI TELUR CAIR BERBASIS
PLC (*PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER*) SIEMENS SIMATIC S7-200 DAN
HMI (*HUMAN MACHINE INTERFACE*)
SIMATIC HMI PANEL**

PUBLIKASI JURNAL SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

**TRI WAHYU OKTAVIANA PUTRI
NIM. 105060300111036 - 63**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2014**

Pengendalian Suhu pada Sistem Pasteurisasi Telur Cair Berbasis PLC (*Programmable Logic Controller*) Siemens Simatic S7-200 dan HMI (*Human Machine Interface*) Simatic HMI Panel

Tri Wahyu Oktaviana Putri, Rahmadwati, Bambang Siswoyo

Teknik Elektro Universitas Brawijaya

Jalan M.T Haryono No.167 Malang 65145 Indonesia

Email : tri.wahyu.op@gmail.com

Abstrak— Telur ayam mentah dalam kondisi baik dapat bertahan dalam suhu ruangan selama 1 minggu. Semakin lama kualitas telur akan semakin menurun karena bertambahnya kandungan bakteri patogen yang terdapat di dalam telur. *Salmonella* adalah bakteri patogen yang ditemukan dalam telur. Bakteri tersebut mampu menghasilkan racun dan mengakibatkan penyakit *Salmonellosis*. *Salmonella* dapat mati jika dipanaskan pada suhu 60° Celcius selama 30 menit hingga 72° Celcius selama 15 detik. Umumnya telur dimasak lebih dari suhu 72° Celcius sehingga dapat dipastikan *Salmonella* telah mati. Tetapi, banyak olahan telur yang justru dikonsumsi dalam keadaan mentah, misalnya *mayonnaise*, jamu tradisional, dan STMJ. Sehingga perlu dilakukan pasteurisasi telur cair untuk mematikan bakteri *Salmonella* pada olahan telur mentah.

Berdasarkan standar yang dikeluarkan oleh NSW Food Authority, pasteurisasi telur cair minimal dilakukan pada suhu 64° Celcius selama 2,5 menit. Penelitian ini difokuskan pada pengendalian suhu untuk sistem pasteurisasi telur cair menggunakan PLC Siemens S7-200 CPU226, HMI Simatic TP177 Micro, dan kontroler proporsional, sehingga diperoleh suatu desain pengendalian suhu yang tepat untuk sistem pasteurisasi telur cair.

Perancangan dan pembuatan sistem pengendalian suhu pada alat pasteurisasi telur cair pada penelitian ini berhasil dilakukan dengan menggunakan metode *hand tuning*, didapatkan nilai parameter K_p yang sesuai untuk sistem yaitu $K_p=3,4$. Sistem pasteurisasi telur dapat mencapai *set point* 64° C dan *settling time* 980 detik dengan nilai K_p tersebut. Perancangan perangkat lunak untuk sistem pengendalian suhu menggunakan *ladder diagram* pada PLC. *Ladder diagram* dapat bekerja dengan baik karena dapat menjaga suhu pada kisaran 64° C selama 2,5 menit sesuai dengan standar pasteurisasi telur. HMI pada penelitian ini mampu menampilkan *trend view* suhu dan PWM secara *real time*.

Kata Kunci— Telur, *Salmonella*, Pasteurisasi Telur, PLC, HMI, Kontroler Proporsional.

I. PENDAHULUAN

Telur merupakan sumber protein hewani yang terbilang cukup murah dibanding sumber protein hewani lain. Telur dalam kondisi baik, tidak pecah, atau retak kulitnya dapat bertahan dalam suhu ruangan selama 1 minggu. Tetapi kualitas telur akan semakin menurun seiring dengan bertambahnya waktu penyimpanan [1]. Telur yang lama disimpan memungkinkan memiliki kandungan bakteri patogen yang tinggi. Salah satu jenis bakteri patogen

adalah *Salmonella* yang mampu menghasilkan racun [2].

Salmonella dapat mati jika dipanaskan pada suhu 60°C selama 30 menit hingga 72°C selama 15 detik. [3]. Umumnya telur yang dimasak lebih dari suhu 72°C dapat dipastikan *Salmonella* di dalamnya telah mati. Tetapi, banyak olahan telur yang justru dikonsumsi dalam keadaan mentah, misalnya *mayonnaise* dan STMJ. Sehingga perlu dilakukan pasteurisasi telur cair untuk mematikan bakteri *Salmonella* pada telur mentah. Metode disinfeksi bakteri dengan pemanasan suhu rendah di bawah 100° Celcius disebut dengan pasteurisasi [4]. Berdasarkan standar yang dikeluarkan NSW Food Authority, pasteurisasi telur cair minimal dilakukan pada suhu 64°C selama 2,5 menit.

Pasteurisasi telur pada skripsi ini dilakukan pada suhu 64°C selama 2,5 menit. Pengendalian suhu tersebut menggunakan PLC Siemens S7-200 CPU226, HMI Simatic TP177 Micro, dan kontroler proporsional. Penggunaan kontroler proporsional dipilih karena sesuai untuk plant suhu tanpa gangguan seperti pada alat pasteurisasi telur ini. Diharapkan dengan menggunakan kontroler proporsional berbasis PLC, suhu pada alat pasteurisasi telur dapat dikendalikan.

Berdasarkan permasalahan tersebut maka dalam skripsi ini dirancang sebuah perangkat yang mampu mengendalikan suhu pada alat pasteurisasi telur cair dengan mengatur besar sudut putaran dimmer kompor listrik. Sudut putaran dimmer digerakkan oleh sebuah motor DC Servo. Pengendalian suhu tersebut menggunakan kontroler proporsional berbasis PLC dan HMI.

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah terelaksasinya sistem pengendalian suhu pada sistem pasteurisasi telur cair berbasis PLC dan HMI, sehingga diharapkan telur hasil pasteurisasi memiliki kandungan bakteri *Salmonella* seminimal mungkin dengan pengaturan suhu tersebut.

II. IDENTIFIKASI SISTEM

A. Pasteurisasi Telur

Pasteurisasi adalah salah satu cara disinfeksi bakteri dengan pemanasan. Metode ini diperkenalkan oleh Louis Pasteur. Pasteurisasi pada dasarnya memanaskan suatu bahan organik dengan suhu pemanasan yang relatif rendah (di bawah 100°C) yang dapat membunuh mikroba penyebab penyakit [4]. Cara ini ternyata dapat dipakai pada berbagai bahan makanan, misalnya susu dan telur, karena terbukti bahwa bakteri patogen yang mungkin terdapat dalam makanan, seperti TBC,

Salmonella, *Shigella sp.*, difteri, dan lain sebagainya dapat dimatikan. Sedangkan kandungan gizi bahan makanan tidak akan rusak, begitu pun dengan cita rasanya [5].

Pasteurisasi telur merupakan pemanasan pada telur cair yang telah dikeluarkan dari cangkangnya, untuk membunuh bakteri patogen yang terkandung di dalam telur tersebut, termasuk bakteri *Salmonella*. Telur yang dipasteurisasi dapat berupa kuning telurnya saja, putih telur saja, atau telur utuh (*whole egg*) yaitu campuran kuning dan putih telur. Proses pasteurisasi ini kurang lebih sama dengan pasteurisasi susu tetapi telur lebih sensitif terhadap suhu dibanding dengan susu. Temperatur pasteurisasi yang tepat untuk telur adalah 61° Celcius sampai dengan 70° Celcius, maksimal adalah 72° Celcius. Jika lebih dari suhu tersebut, telur akan matang dan akan timbul kerak pada mesin pasteurisasinya, sedangkan apabila terlalu rendah bakteri patogen tidak akan mati. Oleh karena itu kontrol temperatur menjadi sangat penting dalam proses pasteurisasi telur ini [6].

B. Sensor Suhu PT100

PT100 merupakan salah satu jenis sensor suhu yang terkenal dengan keakurasiannya. PT100 termasuk golongan RTD (*Resistance Temperature Detector*) dengan koefisien suhu positif, yang berarti nilai resistansinya naik seiring dengan naiknya suhu. PT100 terbuat dari logam platinum. Oleh karenanya namanya diawali dengan 'PT'. Disebut PT100 karena sensor ini dikalibrasi pada suhu 0°C pada nilai resistansi 100 ohm. Bentuk fisik sensor suhu PT100 dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Sensor Suhu PT100

C. Motor DC Servo

Motor servo adalah motor dengan sistem *closed feedback* yang berarti posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada dalam motor servo. Motor ini terdiri atas sebuah motor, serangkaian *internal gear*, potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut putaran servo. Sedangkan sudut sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor. Gambar 2 merupakan gambar motor servo.



Gambar 2. Motor DC Servo

D. Kompor Listrik

Prinsip kompor listrik tipe elemen pemanas pada dasarnya menggunakan energi panas yang dikeluarkan oleh suatu tahanan. Bila suatu tahanan R dihubungkan dengan sumber tegangan V , arus I akan mengalir melalui tahanan tersebut. Sifat tahanan adalah apabila dialiri arus listrik maka tahanan tersebut akan melepaskan panas. Kompur listrik yang digunakan pada skripsi ini adalah Maspion S302 dengan daya maksimal 600Watt. Kompur tersebut memiliki *dimmer* yang berfungsi mengatur besarnya daya yang digunakan. Bentuk fisik kompor dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kompur Listrik

E. Kontroler Proporsional

Untuk kontroler dengan aksi kontrol proporsional, hubungan antara keluaran kontroler $m(t)$ dan sinyal kesalahan penggerak $e(t)$ adalah:

$$m(t) = K_p e(t) \quad (1)$$

atau, dalam besaran transformasi Laplace,

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_p \quad (2)$$

Di mana K_p adalah kepekaan proporsional atau penguatan. Apapun wujud mekanisme yang sebenarnya dan apapun bentuk daya penggeraknya, kontroler proporsional pada dasarnya merupakan penguat dengan penguatan yang dapat diatur [7].

F. PLC Siemens S7-200

PLC merupakan singkatan dari *Programmable Logic Controller*. *Programmable Logic Controller* menurut Capiel (1982) adalah sistem elektronik yang beroperasi secara digital dan didesain untuk pemakaian di lingkungan industri, dimana sistem ini menggunakan memori yang dapat diprogram untuk penyimpanan secara internal instruksi-instruksi yang mengimplementasikan fungsi-fungsi spesifik seperti logika, urutan, pewaktuan, pencacahan dan operasi aritmatik untuk mengontrol mesin atau proses melalui modul-modul I/O digital maupun analog [8].

PLC yang digunakan pada penelitian ini adalah PLC Siemens Simatic S7-200. Simatic S7-200 merupakan PLC jenis modular, dimana bagian-bagian PLC dibagi menjadi modul-modul yang masing-masing memiliki fungsi berbeda. Pada penelitian ini digunakan modul CPU 226. Bentuk CPU 226 dapat dilihat pada Gambar 4. CPU 226 merupakan prosesor pusat PLC yang memiliki karakteristik umum:

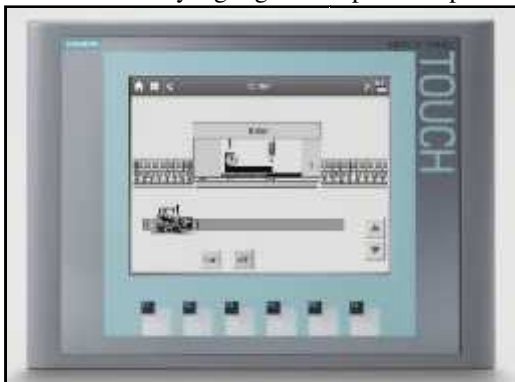
- a. Sumber tegangan DC 24 Volt.
- b. 40 port input dan output digital, dengan 2 output PWM.



Gambar 4. PLC Siemens S7-200 CPU226

G. HMI Simatic TP177 Micro

HMI adalah singkatan dari *Human Machine Interface*. *Human Machine Interface* (HMI) adalah sistem yang menghubungkan antara manusia dan teknologi mesin. HMI dapat berupa pengendali dan visualisasi status, baik dengan manual maupun melalui visualisasi komputer yang bersifat *real time*. Tujuan digunakannya HMI adalah untuk meningkatkan interaksi antara mesin dan operator melalui tampilan di layar monitor. Gambar 5 menunjukkan Simatic HMI Panel TP177 Micro yang digunakan pada skripsi ini.



Gambar 5. Simatic HMI Panel TP177 Micro

III. PERANCANGAN MODUL

Perancangan ini meliputi pembuatan perangkat keras dan perangkat lunak, perangkat keras meliputi perancangan hidroponik dan perancangan rangkaian Arduino *shield* yang terdiri atas rangkaian pengondisi sinyal dan *regulator* tegangan, untuk perangkat lunak meliputi pembuatan program pada Arduino UNO 1.0.5 untuk keperluan analisis sistem yaitu dengan membangkitkan sinyal PRBS dan program kontrol PWM motor pompa.

A. Perancangan Alat Pasteurisasi Telur

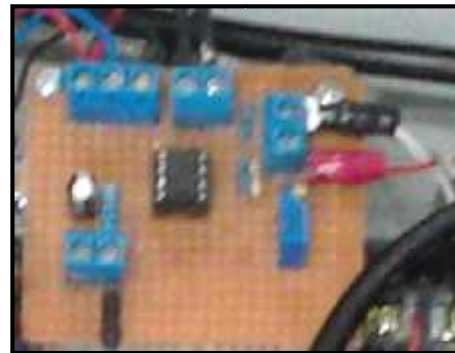
Konstruksi alat pasteurisasi telur dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Skema Konstruksi Alat Pasteurisasi Telur

B. Perancangan Rangkaian Pengondisi Sinyal Sensor PT1100

Rangkaian pengondisi sinyal sensor PT100 terdiri atas 3 bagian yaitu rangkaian jembatan wheatstone, penguat, dan *low-pass filter*. Gambar 7 merupakan RPS PT100.



Gambar 7. RPS PT100

C. Perancangan ADC dan Driver Motor

Rangkaian ADC dan *driver* motor merupakan rangkaian dalam 1 *project board*. Rangkaian ADC diperlukan karena PLC yang digunakan tidak memiliki input analog. ADC menggunakan Arduino UNO untuk mengeluarkan 8 bit output digital. Driver motor digunakan sebagai regulator sinyal PWM bagi motor servo dan motor DC untuk pengaduk. Gambar 8 adalah rangkaian ADC dan *driver* motor.



Gambar 8. Rangkaian ADC dan Driver Motor

D. Perancangan Perangkat Lunak

Pada penelitian ini digunakan *ladder diagram* pada *software* Step 7 Micro/Win untuk PLC Siemens Simatic S7-200 dan perancangan program HMI pada WinCC Flex 2008 untuk HMI Simatic HMI panel

IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS DATA

Pengujian ini meliputi pengujian perangkat keras dalam hal ini pengujian sensor PT100, pengujian rangkaian pengondisi sinyal, pengujian motor DC

Servo, pengujian dimmer kompor, pengujian HMI, dan pengujian sistem keseluruhan. Sebelum dilakukan pengujian sistem keseluruhan, perlu dicari karakteristik plant untuk menentukan kontroler yang tepat. Setelah didapatkan karakteristiknya, kemudian dapat dilakukan penyesuaian pada sistem.

A. Pengujian Sensor PT100

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan pembacaan sensor PT100 terhadap perubahan suhu dengan melihat perubahan resistansi sensor PT100

Tabel 1. Hasil Pengujian PT100

Suhu (°C)	Pengujian ()	Perhitungan ()	Error (%)
25	110,6	109,625	0,89%
30	112,6	111,55	0,94%
35	114,2	113,475	0,64%
40	115,2	115,4	0,17%
45	117,8	117,325	0,40%
50	119,9	119,25	0,55%
55	122	121,175	0,68%
60	123,9	123,1	0,65%
65	125,9	125,025	0,70%
70	126,1	126,95	0,75%
75	127,9	128,875	1,03%
80	130,2	130,8	0,46%
85	132,2	132,725	0,40%
90	134,2	134,65	0,33%
Rata-Rata			0,61%

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor PT100 memiliki kemampuan baik dalam melakukan pembacaan perubahan suhu.

B. Pengujian Rangkaian Pengondisi Sinyal (RPS)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja rangkaian pengondisi sinyal sensor PT100 terhadap perubahan suhu dengan melihat hasil pembacaan suhu melalui *Serial Monitor* Arduino ERW 1.0.5.

Tabel 2. Hasil Pengujian RPS PT100

Suhu pembacaan termometer (°C)	Suhu pembacaan serial monitor (°C)	Error (°C)
20,00	23,35	3,35
25,00	28,28	3,28
30,00	33,23	3,23
35,00	37,94	2,94
40,00	43,01	3,01
45,00	47,83	2,83
50,00	52,75	2,75
55,00	57,74	2,74
60,00	62,82	2,82
65,00	68,03	3,03
70,00	72,57	2,57
75,00	77,67	2,67
80,00	82,35	2,35
85,00	87,38	2,38
Rata-rata		2,83

Karena error cukup besar, dilakukan kompensasi error dengan metode regresi linear. Sehingga didapatkan fungsi regresi linear pada persamaan 3.

$$f = -3,5979 + 1,0134534x \quad (3)$$

Hasil pengujian setelah kalibrasi dengan menggunakan persamaan 3 dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian RPS PT100 setelah kalibrasi

Suhu pembacaan termometer (°C)	Suhu pembacaan serial monitor (°C)	Error (°C)
20,00	20,07	0,07
25,00	25,09	0,09
30,00	30,37	0,37
35,00	35,08	0,08
40,00	40,03	0,03
45,00	44,91	0,09
50,00	50,12	0,12
55,00	55,03	0,03
60,00	60,10	0,10
65,00	65,20	0,20
70,00	70,03	0,03
75,00	75,09	0,09
80,00	80,14	0,14
85,00	85,10	0,10
Rata-Rata		0,11

Hasil pengujian menunjukkan bahwa RPS PT100 setelah dilakukan kalibrasi dapat membaca perubahan suhu dengan baik dengan error rata-rata 0,11.

C. Pengujian Motor DC Servo

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan pulsa PWM terhadap sudut putaran dan *duty cycle* pada motor DC servo.

Tabel 4. Hasil Pengujian Motor DC Servo

Pulse (µs)	Sudut DC Servo (°)	Duty cycle pengujian (%)	Duty cycle perhitungan (%)
500	0	3.2	2.5
600	10	3.2	3
700	25	4	3.5
800	35	4	4
900	47.5	4.8	4.5
1000	57.5	4.8	5
1100	70	5.6	5.5
1200	82.5	6.4	6
1300	90	6.4	6.5
1400	102.5	7.2	7
1500	110	8	7.5
1600	120	8.8	8
1700	132.5	8.8	8.5
1800	145	9.6	9
1900	157.5	9.6	9.5
2000	167.5	10.4	10
2100	180	11.2	10.5
2200	190	11.2	11
2300	197.5	12	11.5
2400	210	12	12
2500	215	12.8	12.5

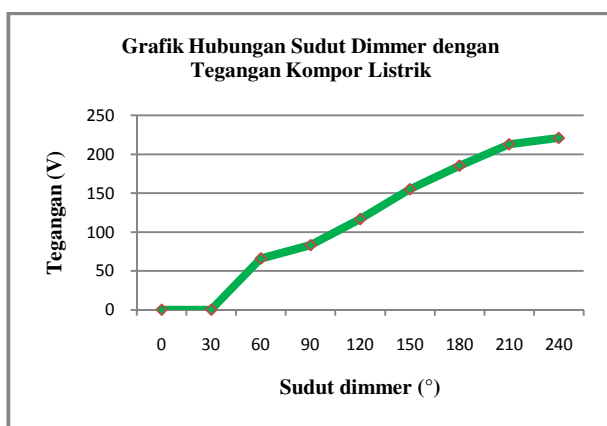
Hasil pengujian motor DC Servo menunjukkan bahwa semakin besar pulsa, maka sudut putaran DC servo akan semakin besar karena *duty cycle* juga semakin besar.

D. Pengujian Dimmer Kompor

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh sudut putaran potensiometer pada dimmer kompor listrik terhadap besarnya tegangan, arus, dan daya kompor listrik. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5 dan Gambar 9. Grafik pada Gambar 9 menunjukkan bahwa semakin besar sudut putaran potensiometer pada dimmer, tegangan kompor listrik juga semakin besar.

Tabel 5. Hasil Pengujian Dimmer Kompor

Sudut dimmer (°)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
0	0	0	0
30	0	0	0
60	66	0.82	51
90	83	1.02	78
120	116.7	1.45	167
150	154.9	1.94	300
180	185.2	2.32	433
210	212.8	2.65	569
240	220.9	2.75	611



Gambar 9. Grafik Hubungan Sudut Dimmer dengan Tegangan Kompur Listrik

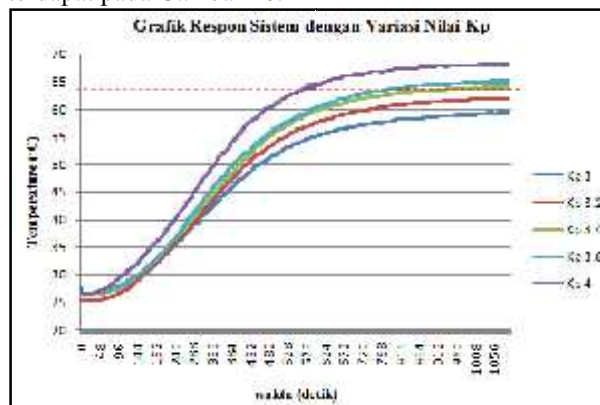
E. Penentuan Parameter Proporsional

Penentuan parameter proporsional dengan metode *hand tuning* pada dasarnya adalah mencari nilai K_p dengan mencoba berbagai nilai hingga didapatkan respon sistem yang mendekati setpoint, yaitu 64°C .

Tabel 6. Hasil Pengujian Berbagai Nilai K_p

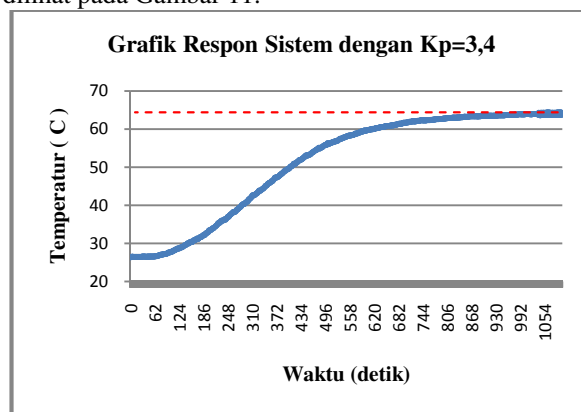
K_p	Setpoint	Suhu Akhir	Error	ts
4	64°C	68°C	6,2%	780 detik
3	64°C	62°C	3,125%	2530 detik
3,4	64°C	$64,3^\circ\text{C}$	0,5%	830 detik

Grafik hasil pengujian untuk berbagai nilai K_p terdapat pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik Respon Sistem dengan Variasi Nilai K_p

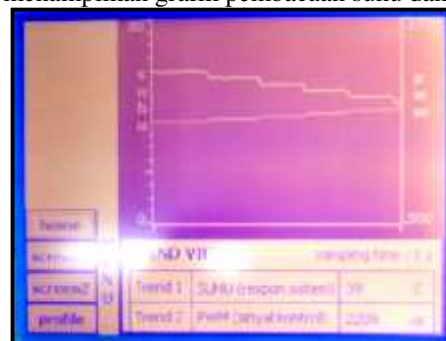
Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 6, didapatkan parameter yang sesuai untuk sistem pasteurisasi telur cair adalah K_p 3,4. Grafik respon dengan K_p 3,4 dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Respon Sistem dengan $K_p=3,4$

F. Pengujian Tampilan HMI

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan HMI Simatic HMI Panel TP177 Micro untuk menampilkan grafik pembacaan suhu dan PWM.



Gambar 12. Tampilan Trend View Suhu dan PWM

Berdasarkan hasil pengujian tampilan HMI, HMI dapat menampilkan grafik berupa *trendview* secara *real time*. Grafik yang ditampilkan merupakan grafik suhu dan PWM.

G. Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan ini dilakukan untuk mengetahui kinerja perangkat keras dan perangkat lunak serta mengetahui respon keseluruhan sistem

dengan kontroler proporsional. Implementasi nilai parameter proporsional yang telah dihitung yaitu $K_p = 3,4$ ke dalam rangkaian keseluruhan sistem dengan setpoint suhu 64°C . Dari proses implementasi tersebut dihasilkan respon seperti pada Gambar 13.



Gambar 13. Grafik Respon Sistem Keseluruhan

Berdasarkan hasil pengujian pada Gambar 12 grafik respon sistem keseluruhan, diperoleh kinerja sistem antara lain:

1. t_u (waktu tunda) yaitu waktu ketika suhu belum naik karena pemanas masih dalam proses pemanasan. t_u berdasarkan pengujian adalah 75 detik.
2. t_s (*settling time*) yaitu waktu yang diperlukan sistem untuk mencapai nilai akhir ketika *steady*. t_s berdasarkan pengujian adalah 980 detik. *Settling time* didapat ketika suhu telah mencapai $63,0^\circ\text{C}$, dengan asumsi bahwa pada suhu tersebut memiliki toleransi kurang dari 2% sehingga masih memenuhi syarat penentuan t_s .
3. Suhu tertinggi dari hasil pengujian keseluruhan sistem adalah $65,01^\circ\text{C}$, artinya terdapat *error steady state* sebesar 1,4%.
4. Setelah 2,5 menit waktu pasteurisasi, pengaduk, *converter biner to int*, serta *block* kontroler proporsional tidak aktif.

Berdasarkan analisis kinerja pengujian sistem secara keseluruhan, maka dapat disimpulkan bahwa sistem pengendalian suhu pada alat pasteurisasi telur cair dapat berjalan dengan baik menggunakan parameter $K_p=3,4$. *Ladder diagram* yang terdapat pada PLC juga dapat bekerja dengan baik dan sesuai keinginan, serta HMI mampu menampilkan data suhu dan PWM secara *real time*. Penggunaan kontroler pada sistem pasteurisasi telur cair menghasilkan respon suhu yang lebih baik daripada tanpa menggunakan kontroler.

V. KESIMPULAN DAN PROSPEK

Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Perancangan dan pembuatan sistem pengendalian suhu pada alat pasteurisasi telur cair berbasis PLC Siemens Simatic S7-200, HMI Simatic HMI Panel, dan kontroler proporsional dengan menggunakan metode *hand tuning* untuk

menentukan parameter K_p , didapatkan K_p yang sesuai untuk sistem yaitu $K_p=3,4$. Setelah diimplementasikan, sistem pasteurisasi telur dapat mencapai *set point* 64°C , *settling time* (t_s) = 980 detik, dan waktu tunda (t_u) = 75 detik.

2. Perancangan *hardware* untuk sistem pasteurisasi telur cair difokuskan pada pengendalian suhu telur cair dalam tabung pasteurisasi. Perancangan *software* menggunakan *ladder diagram* untuk PLC Siemens Simatic S7-200. *Ladder diagram* dapat bekerja dengan baik karena dapat menjaga suhu pada kisaran 64°C selama 2,5 menit sesuai dengan standar minimal pasteurisasi telur. HMI pada penelitian ini mampu menampilkan *trend view* suhu dan PWM secara *real time*.

Penelitian ini dapat diaplikasikan pada peternak telur ayam untuk menambah nilai guna telur atau pada skala rumah tangga untuk menanggulangi keracunan *Salmonella*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tobing, Hayatinufus. 2006. *Telur Padat Nutrisi, Ekonomis, Yummy*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- [2] Suharto. 1993. Flora Normal Serta Hubungan Kuman dengan Hospes dan Lingkungannya. *Mikrobiologi Kedokteran Universitas Indonesia*. Jakarta: Binarupa Aksara.
- [3] Yuliarti, Nurheti. 2008. *Hidup Sehat dengan Produk Hewani*. Yogyakarta: Bayumedia.
- [4] Tim Mikrobiologi FKUB. 2003. *Bakteriologi Medik*. Malang: Bayumedia.
- [5] Chatim, Aidilfiet. 1993. Sterilisasi dan Disinfeksi. *Mikrobiologi Kedokteran Universitas Indonesia*. Jakarta: Binarupa Aksara.
- [6] Boediono, Tandu. 2103. *Java Egg Specialities: Industri Telur Cair Pertama di Indonesia*. (Online: <http://www.bakerymagazine.com/2013/01/05/java-egg-specialities-industri-telur-cair-pertama-di-indonesia/>, diakses tanggal 10 Oktober 2013).
- [7] Ogata, Katsuhiko. 1997. *Teknik Kontrol Automatik (Sistem Pengaturan)*. Jakarta: Erlangga.
- [8] Kusuma, Arya. 2013. *Pengertian PLC dan Jenis-jenis PLC*. (Online: <http://kusuma-w-arya.blogspot.com/2013/05/pengertian-plc-dan-jenis-jenis-plc.html>, diakses tanggal 28 November 2013).